

S7-300/400 **PLC**



实例讲解

西门子 S7-300/400 PLC 编程与应用

◎ 曹小燕 主 编

◎ 王玉萍 訾 鸿 赵 岩 副主编



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

实例讲解

西门子 S7 - 300/400 PLC

编程与应用

主 编 曹小燕
副主编 王玉萍 訾 鸿 赵 岩
参 编 周宝国 经 韬 赵寒涛

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书从实际工程应用和教学需要出发,以西门子 S7-300/400 PLC 为例,系统介绍了 PLC 的硬件资源、指令系统、编程环境及网络通信等基础知识,并通过综合实例详细阐述了采用 PLC 进行控制系统设计的一般过程和方法。本书内容系统实用,采用图、表、文相结合的方式,使书中的内容通俗易懂又不失专业性。

本书适合电气控制及机电一体化等领域从事 PLC 工程设计的技术人员阅读使用,也可作为高等院校自动化、电气工程及自动化、测控技术及仪器、机电一体化等相关专业的教学用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

实例讲解:西门子 S7-300/400 PLC 编程与应用/曹小燕主编. —北京:电子工业出版社,2017.8
ISBN 978-7-121-32174-0

I. ①实… II. ①曹… III. ①PLC 技术-程序设计 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 165491 号

策划编辑:张 剑(zhang@phei.com.cn)

责任编辑:苏颖杰

印 刷:三河市华成印务有限公司

装 订:三河市华成印务有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:18.75 字数:477 千字

版 次:2017 年 8 月第 1 版

印 次:2017 年 8 月第 1 次印刷

印 数:2 000 册 定价:49.90 元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888,88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:zhang@phei.com.cn。

前 言

可编程序控制器 (PLC) 是一种以微处理器技术为核心, 综合应用了自动控制技术、计算机技术和通信技术, 在传统的继电逻辑控制基础上发展起来的工业控制装置。随着科学技术的发展, PLC 以其可靠性高、灵活性强、使用方便等优势在工业控制领域中得到了越来越广泛的应用, 目前已成为工业自动化的三大支柱之一。因此, 学习和掌握 PLC 基础知识对于大专院校电类相关专业的学生以及相关领域的广大工程技术人员而言很有必要。为了满足社会对于 PLC 技术人才的需求, 我们在参阅、整理大量文献资料和总结多年教学与工程设计经验的基础上, 编写了本书。

本书共 9 章, 全面介绍了 PLC 的结构及工作原理、硬件配置、指令系统及系统设计等。第 1 章介绍了 PLC 的产生、分类、系统组成及工作原理; 第 2 章介绍了 S7-300/400 PLC 的硬件配置; 第 3 章介绍了 STEP 7 编程及仿真软件的使用; 第 4 章和第 5 章分别介绍了 S7-300/400 PLC 的基本指令和高级指令; 第 6 章介绍了 S7-300/400 PLC 的程序结构; 第 7 章介绍了 S7-300/400 PLC 的通信及网络; 第 8 章介绍了程序设计及仿真; 第 9 章详细介绍了 PLC 系统设计方法和步骤以及典型应用案例。

本书编写时注重理论联系实际, 突出工程应用能力的训练和培养, 在内容上安排了大量典型应用实例程序。另外, 本书每章最后均安排了数量、难度适中的“思考与练习”, 供读者练习。本书可作为电气工程师等有关技术人员的参考资料, 也可作为高等学校自动化、电气工程及其自动化、测控技术、机电一体化等本科专业的教材。作为教材使用时, 任课教师可根据专业、课时的多少对教学内容进行取舍, 有些内容 and 应用实例可留给学生自学或在实验、课程设计、毕业设计中作为参考。

本书由曹小燕任主编, 王玉萍、訾鸿和赵岩任副主编。其中, 曹小燕编写了第 2 章、第 5 章和第 7 章; 王玉萍编写了第 1 章、第 4 章和第 8 章; 訾鸿编写了第 6 章、第 9 章 9.3 节至 9.5 节及附录; 赵岩编写了第 3 章; 第 9 章的其余章节由周宝国、黑龙江省科学院高技术研究院经韬、黑龙江省科学院自动化研究所赵寒涛、管殿柱、李文秋、宋一兵、王献红、管玥编写。全书由曹小燕统稿、定稿。

本书在编写过程中参考了大量文献, 在此对这些参考文献的作者表示由衷的感谢! 本书在出版过程中得到了电子工业出版社及有关专家的大力支持和帮助, 在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限且编写时间仓促, 书中难免有错误和不妥之处, 恳请广大读者批评指正并提出宝贵的意见和建议。

编 者

目 录

第 1 章 PLC 概述	1
1.1 PLC 的产生和发展	1
1.2 PLC 系统组成和工作原理	2
1.3 PLC 的性能指标	7
1.4 PLC 的分类及功能	8
1.5 PLC 的特点及应用领域	9
第 2 章 S7-300/400 PLC 的系统组成	11
2.1 S7-300/400 PLC 概述	11
2.2 S7-300 PLC 的硬件配置	13
2.2.1 S7-300 PLC 的模块安装	13
2.2.2 S7-300 CPU 模块	15
2.2.3 S7-300 PLC 的信号模块	17
2.2.4 S7-300 PLC 的其他模块	25
2.3 S7-400 PLC 的硬件配置	28
2.3.1 S7-400 PLC 的模块安装	28
2.3.2 S7-400 的 CPU 模块	28
2.3.3 S7-400 PLC 的信号模块	30
2.3.4 S7-400 PLC 的其他模块	33
2.4 S7-300/400 PLC 的存储区	37
2.4.1 CPU 的存储器	38
2.4.2 CPU 中的寄存器	41
第 3 章 STEP 7 编程及仿真软件	42
3.1 STEP 7 软件安装	43
3.2 SIMATIC 管理器	46
3.3 STEP 7 快速入门	48
3.3.1 创建项目	48
3.3.2 硬件组态	52
3.3.3 编辑符号表	59
3.3.4 生成用户程序	62
3.3.5 程序的下载与上传	63
3.4 S7-PLCSIM 仿真软件	64
第 4 章 S7-300/400 PLC 的基本指令	68
4.1 编程语言	68
4.2 基本数据类型	69
4.3 寻址方式	70

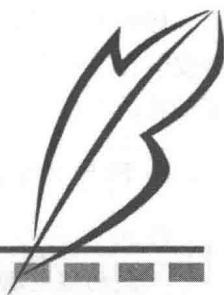
4.4	位逻辑指令	72
4.4.1	触点和线圈	72
4.4.2	基本逻辑指令	74
4.4.3	置位和复位指令	76
4.4.4	RS 和 SR 触发器指令	77
4.4.5	边沿触发指令	78
4.5	定时器指令	79
4.5.1	定时器指令的种类	79
4.5.2	定时器指令的功能	81
4.6	计数器指令	91
4.6.1	计数器指令的种类	91
4.6.2	计数器指令的功能	92
4.7	比较指令	97
第 5 章	S7-300/400 PLC 的高级指令	101
5.1	数据处理指令	101
5.1.1	传送指令	101
5.1.2	转换指令	102
5.1.3	移位指令	107
5.1.4	数据块指令	109
5.2	数据运算指令	110
5.2.1	整数算术运算指令	110
5.2.2	浮点数算术运算指令	111
5.2.3	逻辑运算指令	112
5.3	控制指令	113
5.3.1	逻辑控制指令	113
5.3.2	程序控制指令	114
5.3.3	主控继电器指令	115
第 6 章	S7-300/400 PLC 的程序结构	117
6.1	用户程序的基本结构	117
6.2	功能和功能块	120
6.3	数据块	124
6.4	组织块与中断处理	127
6.5	编程举例	134
6.5.1	编辑并调用无参功能——分部程序设计	134
6.5.2	编辑并调用有参功能——结构化程序设计	138
6.5.3	使用多重背景——结构化程序设计	142
第 7 章	S7-300/400 PLC 的通信及网络	149
7.1	网络通信概述	149
7.2	计算机通信网络及拓扑结构	155



7.3	S7-300/400 PLC 的通信网络	159
7.4	MPI 网络	162
7.4.1	MPI 概述	162
7.4.2	MPI 网络的组建	163
7.4.3	MPI 通信方式	165
7.4.4	MPI 通信的组态	167
7.5	PROFIBUS 通信	169
7.5.1	PROFIBUS 协议	169
7.5.2	PROFIBUS 的硬件	172
7.6	工业以太网	176
7.7	点对点通信	182
7.8	AS-i 网络	187
第 8 章	程序设计与仿真	197
8.1	位逻辑指令的仿真	197
8.1.1	基本逻辑运算	197
8.1.2	RLO 边沿检测指令	198
8.1.3	置位指令与复位指令	199
8.1.4	SR 触发器与 RS 触发器	201
8.2	三相异步电动机正/反转控制	204
8.3	优先抢答器设计	208
8.4	定时器指令仿真及应用	210
8.4.1	定时器指令仿真	211
8.4.2	皮带运输控制系统	214
8.5	计数器指令的仿真和应用	217
8.5.1	计数器指令的基本功能	217
8.5.2	停车位计数 PLC 控制	222
8.6	移位与循环移位指令的仿真	225
8.6.1	移位与循环移位指令	225
8.6.2	彩灯循环移位控制	227
第 9 章	系统设计及综合应用	229
9.1	PLC 系统设计内容和方法	229
9.1.1	PLC 系统设计内容	229
9.1.2	PLC 系统设计步骤与方法	230
9.1.3	PLC 的选择	232
9.2	设计注意事项和抗干扰措施	233
9.2.1	干扰源及其分类	233
9.2.2	PLC 系统中干扰的主要来源及途径	234
9.2.3	主要抗干扰措施	235
9.3	送料小车自动控制系统设计	240

9.4 三层电梯 PLC 控制系统设计	243
9.4.1 电梯的组成及功能简介	244
9.4.2 三层电梯系统控制要求	245
9.4.3 三层电梯控制系统硬件设计	245
9.4.4 三层电梯控制系统设计	246
9.5 工业搅拌机控制系统设计	253
9.5.1 控制系统简介	253
9.5.2 系统控制要求	254
9.5.3 工业搅拌机控制系统硬件设计	255
9.5.4 工业搅拌机控制系统软件设计	257
9.6 成绳机控制系统设计	260
9.6.1 工程简介	260
9.6.2 操作系统构成	263
9.6.3 程序设计举例	271
附录 A 语句表指令	283
附录 B 常用缩写词	288
参考文献	290

第 1 章 PLC 概述



1.1 PLC 的产生和发展

1. PLC 的定义

可编程序控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 是一种工业控制装置。它是在电气控制技术和计算机技术的基础上开发出来的, 并逐渐发展成为以微处理器为核心, 并将计算机技术、自动控制技术和通信技术融为一体的新型工业控制装置, 其功能日益强大, 性价比越来越高, 已经成为工业控制领域的主流设备, 并与 CAD/CAM、机器人技术一起, 被誉为当代工业自动化的三大支柱, 广泛应用于电气控制、网络通信、数据采集等多个领域。

国际电工委员会 (IEC) 在 1987 年颁布的 PLC 标准草案第三稿中, 对 PLC 做了以下定义: “可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统, 专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器, 用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令, 并通过数字式和模拟式的输入和输出, 控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关外围设备都应按易于与工业系统连成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”

2. PLC 的产生

在 PLC 诞生之前, 工业控制领域中的过程控制主要采用具有硬接线特征的继电器控制系统。当生产系统进行升级改造时, 需要对整个继电器控制装置进行重新设计和安装, 导致费时、费工、费料, 甚至阻碍了更新周期的缩短。在 20 世纪 60 年代, 美国通用汽车 (GM) 公司发布了一个旨在替代继电器系统的提议, 也就是美国著名的 GM10 条:

- (1) 编程简单, 可在现场修改程序。
- (2) 维护方便, 采用插件式结构。
- (3) 可靠性高于继电器控制柜。
- (4) 体积小于继电器控制柜。
- (5) 成本可与继电器控制柜竞争。
- (6) 可将数据直接送入计算机。
- (7) 可直接使用 115V 交流输入电压。
- (8) 输出采用 115V 交流电压, 能直接驱动电磁阀、交流接触器等。
- (9) 通用性强, 扩展方便。
- (10) 能存储程序, 存储器容量可以扩展到 4KB。

1969 年,美国数字设备(DEC)公司研制出第一台可编程序控制器,型号为 PDP-14,并安装在 GM 公司的汽车装配线上,替代了传统的继电器控制盘。它的开创性意义在于引入了编程的思想,为计算机技术在工业控制领域的应用开辟了空间。

3. PLC 的发展

- ⊙ 20 世纪 70 年代初期:仅有逻辑运算、定时、计数等顺序控制功能,只是用来取代传统的继电器控制,通常称为可编程序逻辑控制器(Programmable Logic Controller)。
- ⊙ 20 世纪 70 年代中期:微处理器技术应用到 PLC 中,使 PLC 不仅具有逻辑控制功能,还增加了算术运算、数据传送和数据处理等功能。
- ⊙ 20 世纪 80 年代以后:随着大规模、超大规模集成电路等微电子技术的迅速发展,16 位和 32 位微处理器应用于 PLC 中,使 PLC 得到迅速发展。PLC 不仅控制功能增强,同时可靠性提高,功耗、体积减小,成本降低,编程和故障检测更加灵活方便,而且具有通信和联网、数据处理和图像显示等功能。

自从第一台 PLC 出现以后,日本、德国、法国等也相继开始研制 PLC,并得到了迅速的发展。目前,世界上有 200 多家 PLC 厂商和 400 多种 PLC 产品,按地域可分成美国、欧洲和日本等三个流派产品,各具特色,如日本主要发展中小型 PLC,其小型 PLC 性能先进,结构紧凑,价格便宜,在世界市场上占用重要地位。著名的 PLC 生产厂家主要有美国的 A-B(Allen-Bradly)公司、GE(General Electric)公司,日本的三菱电机(Mitsubishi Electric)公司、欧姆龙(OMRON)公司,德国的 AEG 公司、西门子(Siemens)公司,法国的 TE(Telemecanique)公司等。

我国的 PLC 研制、生产和应用也发展很快,尤其在应用方面更为突出。在 20 世纪 70 年代末和 80 年代初,我国随国外成套设备、专用设备引进了不少 PLC。此后,在传统设备改造和新设备设计中,PLC 的应用逐年增多,并取得显著的经济效益,PLC 在我国的应用越来越广泛,对提高我国工业自动化水平起到了巨大的作用。目前,我国不少科研单位和工厂在研制和生产 PLC,如辽宁无线电二厂、无锡华光电子公司、上海香岛电机制造公司、厦门 A-B 公司等。

从近年的统计数据看,在世界范围内 PLC 产品的产量、销量、用量高居工业控制装置榜首,而且市场需求量一直以每年 15% 的速度上升。PLC 已成为工业自动化控制领域中占主导地位的通用工业控制装置。

1.2 PLC 系统组成和工作原理

1. PLC 系统组成

PLC 的系统组成可以分为两大部分:硬件系统和软件系统。

PLC 的硬件系统主要由中央处理器、存储器、输入单元、输出单元、编程器、电源等部分组成,此外还包括外部设备接口(打印机、计算机、条码扫描仪等)和扩展接口。其中,CPU 和存储器构成主控模块,是系统的核心;输入单元与输出单元是连接现场 I/O 设备与 CPU 之间的接口电路,并由电源模块集中对其提供电能。其组成框图如图 1-1 所示。

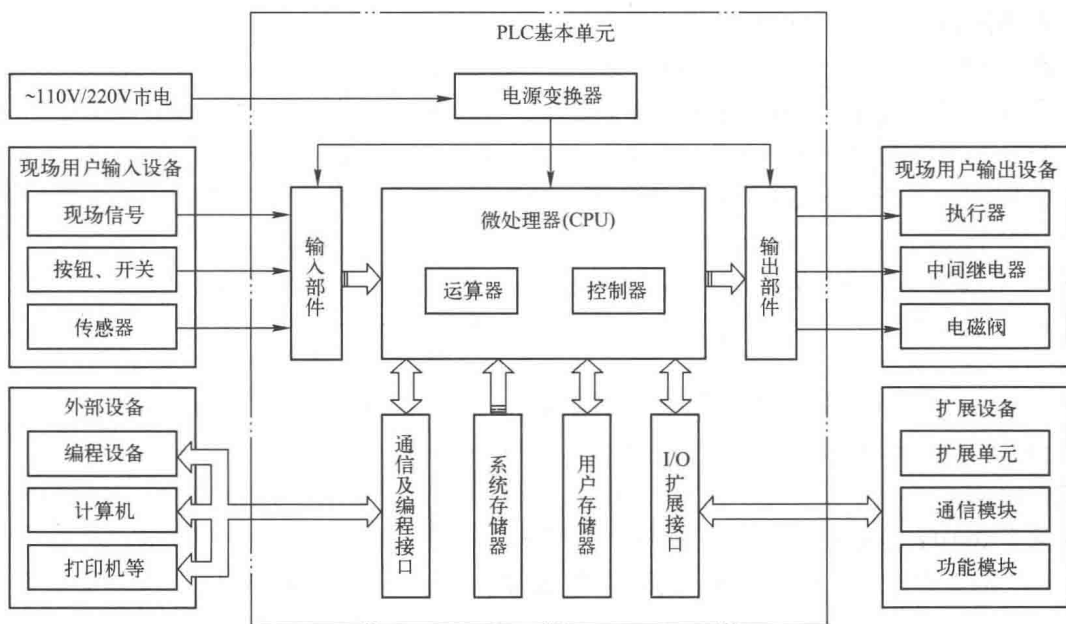


图 1-1 PLC 系统结构图

PLC 的软件系统是指管理、控制、使用 PLC 的软件程序。软件系统程序分成两部分：系统程序 and 用户程序。系统程序由生产厂家制定，对 PLC 内部资源进行管理和控制，不允许使用者修改；用户程序是使用者根据生产实际控制要求编写的控制程序，可以修改。

硬件系统按结构可分为整体式和模块式。整体式 PLC，就是把所有部件都安装在同一机壳内；模块式 PLC，就是把各部件独立封装成模块，各模块通过总线连接，安装在机架或导轨上。尽管二者结构不一样，但各部分的功能是相同的。下面详细描述硬件系统各部分功能。

1) 微处理器 (CPU) CPU 是 PLC 的核心，相当于神经中枢的作用，指挥有关的控制电路。CPU 主要由运算器、控制器、寄存器及实现它们之间联系的数据、控制及状态总线构成，CPU 单元还包括外围芯片、总线接口及有关电路。内存主要用于存储程序及数据，是 PLC 不可缺少的组成单元。

CPU 的控制器控制 CPU 工作，由它读取指令、解释指令及执行指令。但工作节奏由振荡信号控制。运算器用于进行数字或逻辑运算，在控制器指挥下工作。寄存器参与运算，并存储运算的中间结果，它也是在控制器指挥下工作。CPU 速度和内存容量是 PLC 的重要参数，它们决定着 PLC 的工作速度，I/O 数量及软件容量等，因此限制着控制规模。

与一般微型计算机一样，CPU 的主要功能如下所述。

- ① 从存储器中读取指令：CPU 根据地址总线上给出的存储器地址和控制总线上给出的读/写命令，从数据总线上得到读出的数据和指令，并放到 CPU 内的指令寄存器中。
- ② 执行指令：对存放在指令寄存器中的指令操作码进行译码、操作。顺序读取指令。
- ③ 处理中断：CPU 在顺序执行程序时，还能接收 I/O 接口发来的中断请求，转入中断服务程序的首地址，进行中断处理；中断处理完毕后，返回原地址，继续顺序执行。

在系统程序支持下, CPU 的主要任务如下。

- ◎ PROG 方式, 接受编程器传送的用户程序和数据, 并存入用户存储器和数据存储器。
- ◎ 用扫描方式接受输入端子的状态和数据, 并存放到输入寄存器或数据寄存器中。
- ◎ 诊断电源及 PLC 内部电路工作状态和编程中的语法错误。
- ◎ RUN 方式下, 从存储器逐条读取用户程序, 执行指令动作, 得出相应的控制信号驱动相关电路。

2) 存储器 存储器是具有记忆功能的半导体器件, 用于存放系统程序、用户程序、逻辑变量和其他信息。存储器一般由存储体、地址译码电路、读/写控制电路和数据寄存器组成。

根据存放信息的性质不同, 在 PLC 中常使用的存储器的类型如下所述。

(1) 只读存储器 ROM。只读存储器的内容由 PLC 制造厂家写入, 并永久固化, PLC 掉电后, ROM 中内容不会丢失。用户只能读取, 不能改写。因此, ROM 常用于存放系统程序。除了 ROM, 还有可擦写、可编程的只读存储器 EPROM、E²PROM。

(2) 随机存储器 RAM。又称可读/写存储器。信息读出时, RAM 中的内容保持不变; 写入时, 新写入的信息覆盖原来的内容。它用来存放既要读出, 又可以写入的内容。因此, RAM 常用于存储用户程序、逻辑变量和其他一些信息。掉电后, RAM 中的内容不再保留, 为了防止掉电后, RAM 中的内容丢失, PLC 使用锂电池作为 RAM 的备用电源, 在 PLC 掉电后, RAM 由电池供电, 保持 RAM 中的信息不消失。

3) 输入/输出接口 (I/O 模块) 输入/输出接口通常也称 I/O 单元或 I/O 模块, 是 PLC 与工业生产现场之间的连接通道。I/O 模块集成了 PLC 的 I/O 电路, 其输入暂存器反映输入信号状态, 输出点反映输出锁存器状态。输入模块将电信号变换成数字信号进入 PLC 系统, 输出模块相反。I/O 模块按照信号的形式分为开关量输入 (DI)、开关量输出 (DO)、模拟量输入 (AI)、模拟量输出 (AO), 按照供电形式可分为直流型和交流型、电压型和电流型, 按功能可分为基本 I/O 模块和特殊 I/O 模块。下面介绍基本 I/O 模块。

(1) 开关量输入模块。用户设备需输入 PLC 的各种控制信号, 如限位开关、操作按钮、选择开关、行程开关以及其他一些传感器输出的开关量或模拟量 (要通过模数变换进入机内) 等, 通过输入接口电路将这些信号转换成中央处理单元能够接收和处理的信号。输入接口电路如图 1-2 所示。

(2) 开关量输出模块: 将中央处理单元送出的弱电控制信号转换成现场需要的强电信号输出, 以驱动电磁阀、接触器、指示灯、电动机等被控设备的执行元件。

PLC 输出电路类型如下。

- ◎ 继电器输出型: 图 1-3 所示的是继电器输出电路, 当某一输出点为“1”状态时, 梯形图中的线圈“通电”, 通过总线接口和光耦合器, 使模块中对应的微型硬件继电器线圈通电, 其常开触点闭合, 使外部负载工作。

继电器输出电路的额定负载范围较宽, 直流范围为 24 ~ 120V, 交流范围为 48 ~ 230V, 继电器触点的容量与负载有关, 电压越高, 触点容量越低。继电器输出电路安全、灵活, 但是响应速度慢。

- ◎ 晶体管输出型: 图 1-4 所示的是场效应晶体管输出电路。输出信号经光耦合器送给输出元件, 输出元件的饱和导通状态和截止状态相当于触点的接通和关断。

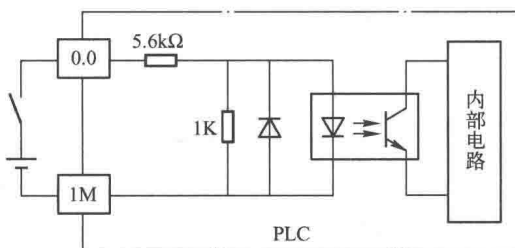


图 1-2 PLC 输入接口电路图

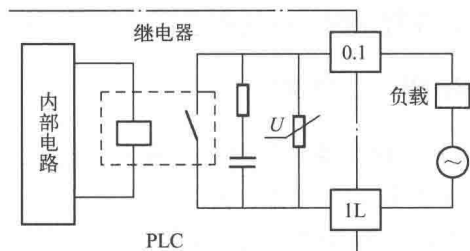


图 1-3 继电器输出接口电路图

晶体管输出电路只能驱动直流负载。这类输出电路没有反极性保护措施，输出具有短路保护功能，适用于驱动电磁阀和直流接触器。此外，晶体管输出电路响应速度快，延时时间少于 1ms。

☺ 晶闸管输出型：图 1-5 所示的是晶闸管输出接口电路，图中光敏晶闸管和双向晶闸管组成固态继电器（SSR）。SSR 的输入功耗低，输入信号电平与 CPU 内部的电平相同，同时又实现了隔离，并且有一定的带负载能力。

梯形图中的某一输出点为“1”状态时，光耦合器中的发光二极管（LED）点亮，光敏双向晶闸管导通，使另一容量较大的双向晶闸管导通，模块外部负载得电工作。图中的 RC 电路用来抑制晶闸管的关断电压和外部的浪涌电压。

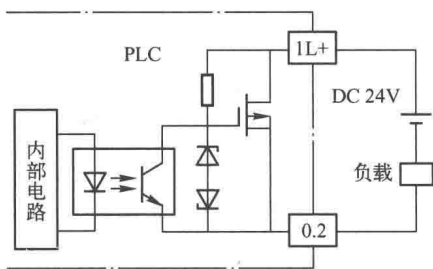


图 1-4 晶体管输出接口电路图

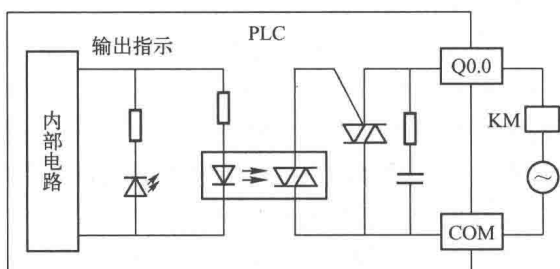


图 1-5 晶闸管输出接口电路图

晶闸管输出电路只能驱动交流负载，如交流电磁阀、接触器、电动机启动器和指示灯等。因为晶闸管是无触点开关输出，所以其具有开关速度快、工作寿命长等特点。

4) 电源 PLC 的电源用于为 PLC 各模块的集成电路提供工作电源。有三种类型：外部电源、内部电源和后备电源。在现场控制中，干扰侵入 PLC 的主要途径之一是通过电源，因此设计合理的电源是 PLC 可靠运行的必要条件。

(1) 外部电源。用于驱动 PLC 的负载和传递现场信号，又称用户电源。同一台 PLC 的外部电源可以是一个规格，也可以是多个规格。外部电源的容量与性能，由输出负载和输入电路决定。电源输入类型有交流电源（220V 或 110V）、直流电源（常用的为 24V）。

(2) 内部电源。即 PLC 的工作电源，有时也可作为现场输入信号的电源。它的性能好坏直接影响到 PLC 的可靠性，为了保证 PLC 可靠工作，对其提出了较高的要求。

(3) RAM 后备电源。在停机或突然掉电时，为了保证 RAM 中的信息不丢失。一般 PLC 采用锂电池作为 RAM 的后备电源，锂电池的寿命为 3~5 年。若电池电压降低，在 PLC 的工作电源开关打开时，面板上相关的指示灯会点亮或闪烁提示，应根据各 PLC 操作手册的

说明,在规定时间内按要求更换相同规格的同型号电池。

2. PLC 工作原理

1) 工作原理 控制任务的完成是建立在 PLC 硬件的支持下,通过执行反映控制要求的用户程序来实现。这点和计算机的工作原理相一致。因此,PLC 工作的基本原理是建立在计算机工作原理基础上的。早期的 PLC 是从继电控制系统发展而来的,当时主要完成的任务是开关量的顺序控制。对被控对象控制的实现是有逻辑关系的,并不一定有时间上的先后,因此,若单纯像计算机那样工作,把用户程序由头到尾顺序执行,并不能完全体现控制要求。在计算机程序中有一种叫作查询方式的结构,是专门查看某一变量条件的满足情况的,并据此决定下一步的操作。现在要查看的已不是某个变量的条件,而是多个变量的条件,像查询一个变量的条件那样等待查询已不能满足要求,因此,我们采用对整个程序巡回执行的工作方式,也称巡回扫描。这就是说,用户程序的执行不是从头到尾只执行一遍,而是执行完一次之后,又返回去执行第二次、第三次……直到停机。如果程序的每条指令执行得足够快,整个程序的长度有限,使得执行一次程序所占用的时间足够短,短到足以保证变量条件不变,那么即使在前一次执行程序时对某一变量的状态没有捕捉到,也能保证在第二次执行时该条件依然存在。

2) 工作过程 PLC 工作过程分为三个阶段:输入刷新阶段、执行程序阶段和输出刷新阶段。这三个阶段构成一个扫描周期。在 PLC 运行期间,CPU 以一定的扫描速度重复执行上述三个阶段。工作过程示意图如图 1-6 所示。

(1) 输入采样阶段。在输入采样阶段,PLC 以扫描方式读入该可编程序控制器所有输入端子的输入状态和数据,并将它们存入输入映像区的相应单元内。在本工作周期的执行和输出过程中,输入映像区内的内容还会随实际信号的变化而变化。

由此可见,一般输入映像区中的内容只有在输入采样阶段才会被刷新,但在有些 PLC (如 F-20M) 中,这个区内的内容在程序执行过程中也允许每隔一定的时间(如 2ms)被刷新一次,以取得更为实时的数据。

PLC 在输入采样阶段中一般都以固定的顺序(如从最小号到最大号)进行扫描,但在一些 PLC 中可由用户确定可变的扫描顺序。例如,在一个具有大量输入端口的可编程序控制器系统中,可将输入端口分成若干组,每次扫描仅输入其中一组或几组端口的信号,以减少用户程序的执行时间(即缩短扫描周期),这样做的不良后果是输入信号的实时性较差。

(2) 执行程序阶段。在执行用户程序的扫描过程中,PLC 对用户以梯形图方式(或其他方式)编写的程序按从上到下、从左至右的顺序逐一扫描各指令,然后从输入映像区取出相应的原始数据或从输出映像区读取有关数据,然后做由程序确定的逻辑运算或其他数学运算,随后将运算结果存入确定的输出映像区有关单元,但这个结果在整个程序未执行完毕前还会送到输出端口上。

(3) 输出刷新阶段。在执行完用户所有程序后,PLC 将输出映像区中的内容同时送入到输出锁存器中(称输出刷新),然后由锁存器经功率放大后去驱动继电器的线圈,最使输出端子上的信号变为本次工作周期运行结果的实际输出。

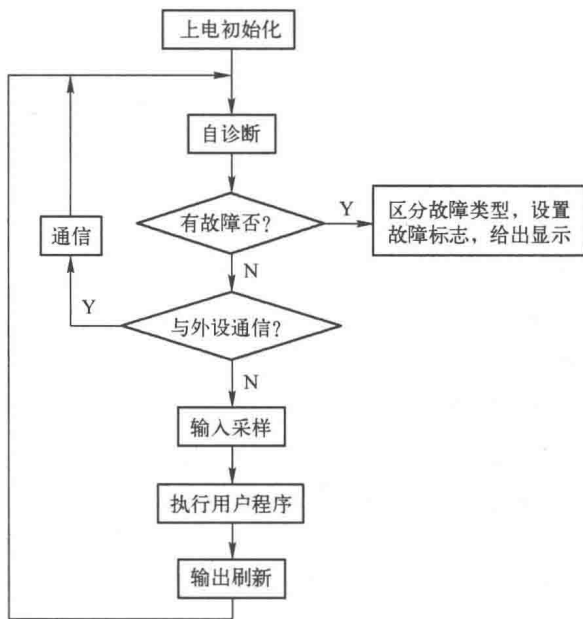


图 1-6 PLC 工作过程

1.3 PLC 的性能指标

- ⑤ 存储容量：存储容量是指用户程序存储器的容量。用户程序存储器的容量大，可以编出复杂的程序。一般来说，小型 PLC 的用户存储器容量为几 KB，而大型机的用户存储器容量为几十至几百 KB。
- ⑤ I/O 点数：I/O 点数是 PLC 可以用来接受输入信号和输出控制信号的路线总和，是衡量 PLC 性能的重要指标。I/O 点数越多，外部接线的输入设备和输出设备就越多，控制规模就越大。
- ⑤ 扫描速度：扫描速度是指 PLC 执行用户程序的速度，是衡量 PLC 性能的重要指标。一般以扫描 1KB 步用户程序所需的时间来衡量扫描速度，通常以 KB 步/ms 为单位。PLC 厂家的用户手册一般会给出执行各条指令所用的时间，可以通过比较各种 PLC 执行相同的操作所用的时间，来衡量扫描速度的快慢。
- ⑤ 指令的功能与数量：指令功能的强弱、数量的多少也是衡量 PLC 性能的重要指标。编程指令的功能越强，数量越多，PLC 的处理和控制能力也越强，用户编程也越简单和方便，越容易完成复杂的控制任务。
- ⑤ 内部元件的种类与数量：在编制 PLC 程序时，需要用到大量的内部元件来存放变量、中间结果、保存数据、定时计数、模块设置和各种标志位等信息。这些元件的种类与数量越多，表示 PLC 的存储和处理各种信息的能力越强。
- ⑤ 特殊功能单元特殊功能单元种类的多少与功能的强弱是衡量 PLC 产品。
- ⑤ 可扩展能力。

1.4 PLC 的分类及功能

PLC 产品种类繁多,其规格和性能也各不相同。可以根据 I/O 点数和功能、结构形式进行分类。

1. PLC 的分类

1) 按 I/O 点数和功能分类

(1) 小型机。小型 PLC 的 I/O 点数一般在 256 以下,内存容量在 4KB 以下,主要功能为开关量控制。小型机的特点是体积小、价格低,适合单机控制。典型的小型机有西门子公司的 S7-200、欧姆龙公司的 CPM2A 系列、三菱公司的 F-40 系列、迪莫康德 PC-085 系列等整体式 PLC 产品。I/O 点数为 64 点以内的称为超小型机。

(2) 中型机。中型 PLC 的 I/O 点数一般在 256~2048 之间,内存容量为 3.6~13KB,具有开关量和模拟量控制功能、强大的数字计算功能以及通信联网功能,适用于复杂的逻辑控制。典型的中型机有西门子公司的 S7-300、欧姆龙公司的 C200H 系列、AB 公司的 SLC500 系列等模块式产品。

(3) 大型机。大型 PLC 的 I/O 点数一般在 2048 以上,内存容量为 13KB 以上,具有计算、控制、调节功能以及强大的通信联网功能,适用于设备自动化控制、过程自动化控制。典型的大型机有西门子公司的 S7-400、欧姆龙公司的 CS1 系列、AB 公司的 SLC5/05 系列等产品。

在实际中,一般 PLC 功能的强弱与其 I/O 点数是相互关联的。即 PLC 的功能越强,其可配置的 I/O 点数越多。因此,通常我们所说的小型、中型、大型 PLC,同时也表示其对应的功能为低档、中档、高档。

2) 按结构形式分类 根据 PLC 结构形式的不同,PLC 主要可分为整体式和模块式。

(1) 整体式结构。整体式结构是将 PLC 的各个基本部件紧凑的安装在—个标准的机壳内,组成 PLC 的一个基本单元或扩展单元。基本单元可以通过扩展接口与扩展单元相连,构成不同配置,完成不同功能。小型机一般采用整体式结构。

整体式结构的特点是结构紧凑、体积小、价格低。

(2) 模块式结构:模块式 PLC 是将 PLC 各组成部分分别做成单独的模块单元,将这些模块安装在框架或基板上即可。通常中型或大型 PLC 常采用这种结构。用户可根据需要灵活方便地将 I/O 扩展单元、A/D 和 D/A 单元、各种智能单元、特殊功能单元、链接单元等模块插入机架底板的插槽中,以组合成不同功能的控制系统。

模块式结构的特点是配置灵活、装配方便。

2. PLC 的功能

随着计算机技术、工业控制技术、电子技术和通信技术的发展,PLC 已从逻辑控制功能,发展到包括过程控制、位置控制等控制功能,并且实现从单机到组网,实现工厂自动化综合控制系统。PLC 具有以下功能。

1) 开关量逻辑控制 开关量逻辑控制是 PLC 最基本功能。逻辑控制功能就是利用逻辑



指令实现开关控制、逻辑控制和顺序控制。

2) 定时/计数控制 定时/计数控制功能是指利用 PLC 提供的定时器、计数器指令实现对某种操作的定时或计数控制,与传统继电控制系统中时间继电器和计数继电器功能相同。利用编程软件实现的定时/计数功能使用方便灵活,便于修改。

3) 步进(顺序)控制 步进控制是指工业生产过程按照一步一步的顺序执行,PLC 生产商针对工业控制中的步进过程生成步进指令,从而简化程序,使控制过程简单明确。

4) PID 控制 PLC 中的 PID 控制功能是指通过 PID 子程序或使用智能 PID 模块实现对模拟量的闭环控制过程。

5) 数据控制 数据控制功能是指 PLC 能进行数据传送、比较、移位、数制转换、算术、编码译码等操作。大中型 PLC 数据控制功能更加齐全,可完成开方、浮点运算等。

6) 通信和联网 PLC 的通信包括 PLC 相互之间、PLC 与上位计算机、PLC 与其他智能设备之间的通信。PLC 系统与计算机可以通过通信处理单元构成网络、实现信息的交换,也可构成“集中管理、分散控制”的分布式控制系统。

PLC 还有许多特殊功能模块,适用于各种特殊控制的要求,如定位控制模块,高速计数模块等。

1.5 PLC 的特点及应用领域

1. PLC 的主要特点

PLC 技术的迅速发展,除了工业控制领域的需要外,相比较其他各种控制方式,具有一系列深受广大用户欢迎的特点是其主要原因。对于工业控制领域的安全、可靠、灵活、经济等要求可以得到解决。

1) 编程简单,使用方便 目前,PLC 广泛采用的编程语言是梯形图——一种面向用户的编程语言。梯形图语言源自电气控制线路图,具有形象、直观、易操作,方便使用的特点。这也是 PLC 获得普及和推广的重要因素。

2) 控制灵活,程序可变,具有很好的柔性 PLC 的控制系统主要应用软件实现,当控制要求发生改变时,只需要少量更改硬件,主要修改软件部分即可实现控制功能的改变,程序可读可写,控制灵活,具有很好的柔性。

3) 功能强,扩充方便,性能价格比高 PLC 内有成百上千个可供用户使用的编程元件,可以实现非常复杂的控制功能。与相同功能的继电器控制系统相比,具有很高的性价比。PLC 有较强的接口能力,可以通信联网,易于扩充。

4) 控制系统设计及施工的工作量少,维修方便 PLC 的硬件部分相对于继电器控制系统大大减少,其安装和施工比较容易,便于维护。PLC 的故障率很低,并具有完善的故障诊断能力,可以便于用户了解运行情况和查找故障。

5) 可靠性高,抗干扰能力强 PLC 用软件程序代替了传统继电器控制系统中大量的中间继电器和时间继电器,硬件接线少,大大减少了由元器件老化、触点抖动、接触不良等现象引发的故障,可靠性得以提高。PLC 为了在工业环境下可靠地工作,采取了一系列硬件和软件的抗干扰措施。PLC 的 I/O 接口电路均采用光电隔离,实现工业现场外电路与 PLC 内